

근접수치사진측량의 촬영위치에 따른 정밀도 해석

Analysis of Precision According to Photographing Position in Close-Range Digital Photogrammetry

서동주*·이종출**

Seo, Dong Ju · Lee, Jong Chool

要 旨

본 연구는 측량용 디지털 카메라인 Rollei d7 metric과 d7 metric⁵를 이용하여 촬영거리, 수렴각, 촬영방향을 변화시키면서 촬영을 실시하였으며, 표정 시 발생하는 오차를 최소화하기 위해 프로그램 상에서 자동적으로 상호표정 되는 원형표지를 이용하였다. 그리고 자료처리체계로는 해석적 방법 중에서 현재 가장 좋은 정도를 얻을 수 있는 광속조정법(bundle adjustment)을 이용하였다. 이러한 연구는 차후 현장에서 요구하는 정도의 사진촬영과 예상되는 정도를 판단하는데 중요한 자료로 이용될 것으로 판단된다.

Abstract

This study has made photographing respectively by changing the photographic distance, converging angle, picturing direction by use of Rollei d7 metric and d7 metric⁵ that is a measurement digital camera. And also in order to minimize the errors happened at the relative orientation, we have sorted out the round target that the relative orientation is automatically on the programming and have calculated RMSE by carrying out the bundle adjustment. We think that such a study could be used as very important basic data necessary in deriving the optimal photographic conditions by the close-range digital photogrammetry and in judging such a degree.

1. 서 론

측량을 실시하는 가장 큰 목적은 적합한 장비와 기법 등을 이용하여 우리가 요구하는 정도를 충족시키고자 하는 것이다. 그런데 현대의 측량은 과학의 발달과 더불어 발전한 측량 장비 및 기법들이 여러 분야에 다방면으로 응용되어 정확도, 경제성 그리고 신속성 등을 향상시키고 있다. 특히 사진측량의 기법으로 인하여 기계, 의학, 문화재 측정 등 정밀을 요구하는 분야의 응용은 더욱더 그 범위가 증대되어 가고 있는 실정이다(유복모, 2001).

과거 필름을 이용한 사진측량의 경우, 촬영위치에 따른 정도변화에 대한 실험분석과 이론적 예측모델에 대한 다수의 연구가 이루어져 왔으나, 근접수치사진측량에 대해서는 아직 미비한 실정이다(손덕재, 1989).

본 연구에서는 이와 같은 점을 고려하여 측량용 디지털 카메라인 Rollei d7 metric과 d7 metric⁵를 이용하여 촬영거리, 수렴각, 촬영방향을 변화시키면서 촬영을

실시하였으며, 표정 시 발생하는 오차를 최소화하기 위해 프로그램 상에서 자동적으로 상호표정 되는 원형표지를 이용하였다. 자료처리체계로는 해석적 방법 중에서 현재 가장 좋은 정도를 얻을 수 있는 광속조정법(bundle adjustment)을 이용하였다. 그리고 회귀분석을 이용하여 대상물과 촬영위치간의 기하학적 형태변화에 따른 영향을 분석하여 최적촬영조건을 제시하였다.

이러한 연구는 차후 현장에서 요구하는 정도의 사진촬영과 예상되는 정도를 판단하는데 중요한 자료로 이용될 것으로 판단된다.

2. 이론적 고찰

2.1 광속조정법

다중사진의 좌표해석 시 조정기본단위의 종류에 의해 다항식법, 독립입체모형법, 광속조정법 등이 있는데, 이중 광속 조정법은 사진좌표를 기본단위로 하여 절대좌표를 구한다. 이 경우 상좌표를 사진좌표로 변환시킨 다음

* 정회원, 부경대학교 대학원 건설공학부 공학박사

** 정회원, 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수

사진좌표로부터 직접절대좌표를 구한다. 블록내의 각 사진상에 관측된 기준점, 접합점의 사진좌표를 이용하여 최소제곱법으로 각 사진의 외부표정요소 및 접합점의 좌확값을 결정하는 방법이다.

각 점의 사진좌표가 관측값으로 이용되며 세가지 방법 중 정확도가 가장 양호하며 조정능력이 높은 방법이다.

광속조정법에서의 기본적인 수학적형식은 공선조건식을 이용한다. 사진좌표 x 와 y 에 관한 공선조건식은 외부표정요소 ($X_0, Y_0, Z_0, K, \Psi, \omega$)와 지상좌표 (X, Y, Z)의 9개 미지수의 함수로 표현된다. 외부표정 요소 뿐만 아니라 주점거리, 주점위치변위, 렌즈왜곡 및 필름 신축 등에 관련된 내부표정요소를 미지수로 조정하는 방법을 자체조정에 의한 광속조정법 또는 부가변수에 의한 광속조정법이라 한다. 자체검정을 한 광속조정법은 정확도를 향상시킨다. m 개의 사진으로 지상의 n 개 측점을 포함하는 블록조정에서의 미지변수는 $(6m+3n) \times (6m+3n)$ 크기의 계수행렬을 위하여 $(6m \times 6m)$ 크기의 축약정규방정식으로 만들어 일반적으로 Gaussian Elimination 또는 Choleski Elimination에 의해 해를 구한다.

2.2 회귀분석

회귀분석은 변수들 간의 함수관계를 분석하고 모형화 하는 통계적 기법이다. 회귀분석의 응용분야에는 공학, 자연과학, 경제학, 경영학, 생명과학, 사회과학 등 여러 분야에 적용되고 있으며, 최근에는 컴퓨터 통계 소프트웨어(SAS, SPSS, MINITAB, BMPD 등)의 활용으로 변수들 사이의 복잡한 함수관계 추정하는데 가장 널리 사용되어지는 자료분석 기법이다.

이러한 회귀분석을 사용하는 목적은 크게 세가지로 분류할 수 있는데, 첫째는 종속변수와 독립변수들 사이의 함수관계가 어떠한 형태(선형 또는 비선형)를 가지고 있는지를 파악하는 것이고, 둘째는 종속변수에 영향을 미치는 중요한 독립변수들의 영향을 추정, 검정하는 것이며, 셋째는 추정된 회귀함수를 인용하여 주어진 독립변수의 값에서 종속변수의 평균변화를 추정 혹은 예측하는 것이다.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \epsilon_i \quad (1)$$

여기서,

Y_i : i 번째 Y 의 값

X_i : i 번째 X 의 값

β_0 : Y 절편

β_1 : 회귀직선의 기울기

ϵ_i : i 번째 측정된 Y 의 오차량

식 (1)에서 보면 산점도로부터 함수관계가 선형이라면 단순회계모형 $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \epsilon_i$ 을 설정 n 개의 이변량 자료 (X_i, Y_i), $i=1, 2, \dots, n$ 를 이용하여 미지의 모수인 회귀계수 β_0, β_1 를 추정하여 추정회귀직선 $\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i$ 을 구할 수 있다. 여기서 $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$ 는 β_0, β_1 의 추정량이고, \hat{Y}_i 는 $E(Y_i)$ 의 추정량이다. 회귀계수를 추정하는 방법은 최소제곱법과 최우추정법이 있는데 본 절에서는 가장 많이 사용되는 최소제곱법(Least Squares Method)에 의한 추정 절차에 대하여 설명하고자 한다. 이 방법은 표본 자료에 의하여 신뢰성 있는 회귀직선을 추정하기 위하여 오차제곱의 합을 최소로 하는 회귀계수 β_0, β_1 를 추정하는 방법이다. i 번째 추정된 오차는 $\epsilon_i = Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i$ 이므로 오차제곱합을 S 로 표시하면 식 (2)와 같다.

$$S = \sum_{i=1}^n \epsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i)^2 \quad (2)$$

S 를 최소로 하는 β_0, β_1 를 구하기 위해서는 우선 S 를 β_0, β_1 에 대하여 각각 편미분하면 식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial \beta_0} &= -2 \sum (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i) \\ \frac{\partial S}{\partial \beta_1} &= -2 \sum X_i (Y_i - \beta_0 - \beta_1 X_i) \end{aligned} \quad (3)$$

위에서 \sum 는 $\sum_{i=1}^n$ 을 의미한다. 식(2.3)의 편미분 값을 영(0)으로 하는 β_0 와 β_1 의 값을 각각 $\hat{\beta}_0$ 와 $\hat{\beta}_1$ 으로 대입하여 정리하면 식(4)와 같은 정규 방정식(Normal Equation)을 얻는다.

$$\begin{aligned} n\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \sum X_i &= \sum Y_i \\ \hat{\beta}_0 \sum X_i + \hat{\beta}_1 \sum X_i^2 &= \sum X_i Y_i \end{aligned} \quad (4)$$

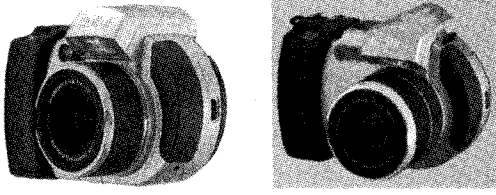
식 (4)인 정규방정식을 $\hat{\beta}_0$ 와 $\hat{\beta}_1$ 에 대하여 풀면 그 결과는 식 (5)와 같다.

$$\begin{aligned} \hat{\beta}_1 &= \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2} \\ &= \frac{\sum X_i Y_i - (\sum X_i \sum Y_i) / n}{\sum X_i^2 - (\sum X_i)^2 / n} \\ \hat{\beta}_0 &= \bar{Y} - \hat{\beta}_1 \bar{X} \end{aligned} \quad (5)$$

3. 수치영상 취득

3.1 관측장비

본 연구에서 수치영상을 획득하는데 사용된 카메라는



rollei d7 metric

Rollei d7 metric⁵

그림 1. 관측장비

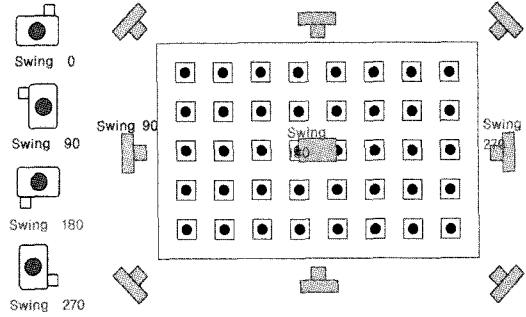


그림 2. 카메라 Calibration

표 1. 관측장비제원

Classification	Rollei d7 metric
Recording mode	CCD recode
Shutter	1/8 ~ 1/10,00 sec
Focal Length	7.3 mm
Dimensions	151×102×106 mm
Weight	650g(without batteries)
Pixel in X	1,280
Pixel in Y	1,024
Classification	Rollei d7 metric ⁵
Recording mode	CCD recode
Shutter	1/8 ~ 1/8,000 sec
Focal Length	7 mm
Dimensions	151×102×106 mm
Weight	650g(without batteries)
Pixel in X	2,552
Pixel in Y	1,920

표 2. 내부표정요소

Interior Orientation	Rollei d7 metric	Rollei d7 metric ⁵
cK ¹	-7.5986mm	-7.422mm
xH ²	0.0343mm	0.6875mm
yH ²	0.3033mm	0.0998mm
A1 ³	-2.313341e-003	-2.1884e-003
A2 ³	4.434249e-005	3.5727e-005
RO ⁴	3.0mm	3.0mm

1. Calibrated Focal Length
2. Coordinates of Principal Image Point
3. Parameters of Radial-Symmetric Distortion
4. Radius from Principal Point when Radial Distortion is zero

Rollei사에서 제조한 d7 metric과 d7 metric⁵로 카메라의 형상과 제원은 그림 1과 표 1과 같다.

3.2 카메라 Calibration

본 연구에서는 촬영에 사용될 Rollei d7 metric과 d7 metric⁵ 카메라의 렌즈를 검정하기 위한 작업을 수행하였다. 그림 2와 같이 약 8m×5m 되는 벽면에 40개의 원형표지를 부착하고, 중복촬영 및 Swing값을 변화시키면서 12장의 사진을 획득하였다.

방사방향 왜곡 수차와 편심방향 왜곡 수차를 보정해야 하지만, 편심방향 왜곡 수차는 극히 미세하여 특수한 경우를 제외하고는 유사하므로, 본 연구에서는 실험을 되풀이하여 최소제곱법에 의해 구해진 1차 왜곡상수와 2차 왜곡상수를 적용하여 방사방향 왜곡 수차만을 보정해 주었다.

표 2는 카메라 Calibration에 의해 보정된 자료를 나타

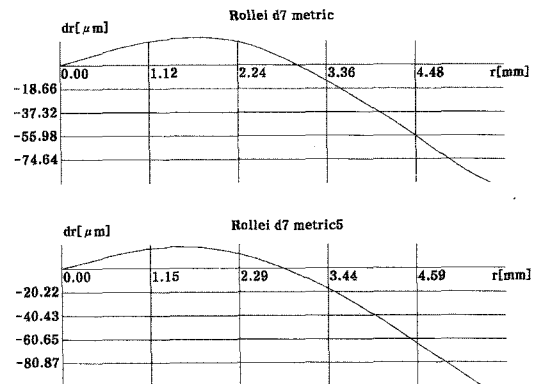


그림 3. 왜곡매개변수

낸 것이며, 카메라 검정결과 시스템의 왜곡 매개변수들을 도식적으로 나타내면 그림 3과 같다.

3.3 기준점 측량

본 연구에서는 근접수치사진측량의 촬영위치별 정확도를 해석하기 위해 평면 대상물에 대해서 삼각수준측량

기법으로 기준점의 성과를 얻었다. 본 연구에서 사용된 기준점은 총 5점으로 각 기준점의 3차원 좌표를 최소 0.5초독 Total Station을 사용하여 정밀하게 관측하였다.

그림 4에 나타난 바와 같이, 우측과 좌측에 두 점을 표시하고, Total Station을 이용하여 두 점간의 거리 3.1228m를 관측하여 기선으로 결정하였다. 그리고 두 점에서 Total Station을 이용하여 기준점과 대상점간의 수평각과 고저각을 관측하였다.

사용된 Total Station은 TOPCON사에서 제조한 장비로서 모델명은 GTS-701이며 제원은 표 3과 같다.

좌측 점에서의 기계의 위치가 원점으로 하여 식 (6)에 의해 대상점의 3차원 좌표를 계산하였으며, 계산된 기준점의 3차원 좌표값은 표 4와 같다.

$$\begin{aligned} X &= \frac{P \sin B \cos A}{\sin C} \\ Y &= \frac{P \sin B \sin A}{\sin C} \\ Z &= \frac{P \sin B \tan A'}{\sin C} \end{aligned} \quad (6)$$

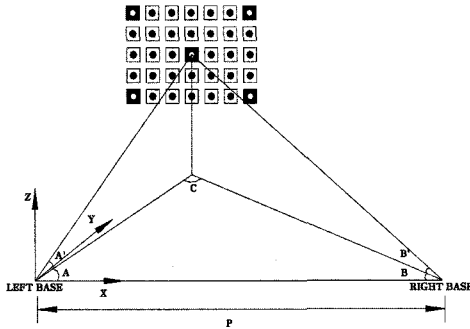


그림 4. 기준점 측량

표 3. Total Station 제원

Model		GTS-701	
Telescope	Objective Lens	45mm (EDM : 50mm)	
	Magnification	30 x	
	Resolving Power	2.5"	
	Minimum Focus	1.3m	
Distance Measurement	Measurement Range	1 Prism	2,400m
		2 Prism	3,100m
		3 Prism	3,700m
	Accuracy	±(2mm + 2ppm) m.s.e	
Angle Measurement	Angle Display	0.5"/ 1"	
	Accuracy	1"	

표 4. 기준점 3차원 좌표

Control Point	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	1.5822020	3.1438837	0.3137864
2	2.4295142	3.1433610	0.3270514
3	2.0060964	3.1418267	0.0438001
4	1.5912406	3.1403167	-0.2560470
5	2.4453474	3.1410457	-0.2208030

3.4 촬영위치에 따른 관측

본 연구에서는 근접수치사진측량의 촬영위치별 정확도를 해석하기 위하여, 평면형 대상물을 선정하였으며, 최대의 모델피복면적을 얻을 수 있고 높은 정확도를 얻을 수 있는 수렴촬영(convergent case) 방법으로 거리별, 수렴각별, 촬영방향별로 평면형 대상물을 촬영하여 3차원 위치를 구하였다.

본 연구에서 사용된 표지는 운용자의 표정작업 시 일어나는 오차를 최소화하기 위해 프로그램에서 자동적으로 검출되는 65mm인 원형표지를 사용하였으며 그림 5

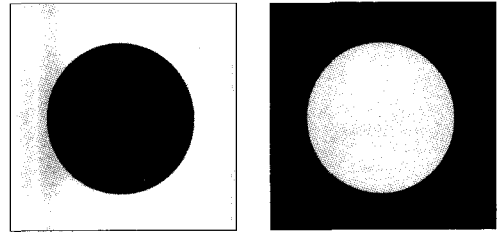


그림 5. 원형표지

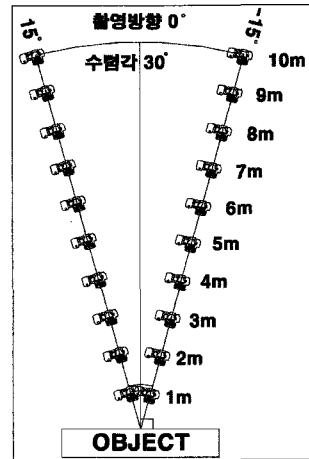


그림 6. 촬영거리 변화에 따른 관측

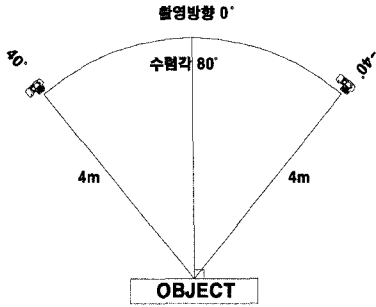


그림 7. 수렴각 변화에 따른 관측

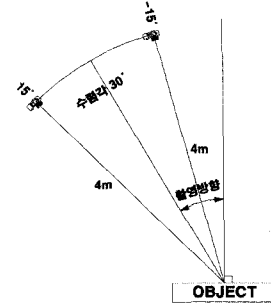


그림 8. 촬영방향 변화에 따른 관측

에 보여지는 것과 같다.

3.4.1 촬영거리 변화에 따른 관측

촬영거리에 따른 정도를 파악하기 위해 촬영방향이 평면형 대상물의 중심방향으로 향하고 수렴각은 30°를 유지하면서 1m에서 10m까지 촬영하였으며, 그림 6은 카메라의 촬영거리 변화에 따른 관측을 평면도로 나타낸 것이다.

3.4.2 수렴각 변화에 따른 관측

수렴각에 따른 정도를 파악하기 위해서는 촬영거리를 4m로 일정하게 유지하고 촬영방향은 중심방향을 향하여 수렴각이 10°부터 160°까지 촬영을 실시하였으며, 그림 7은 카메라의 수렴각 변화에 따른 관측위치를 평면도로 나타낸 것이다.

3.4.3 촬영방향 변화에 따른 관측

촬영방향에 따른 정도를 파악하기 위해 촬영거리를 4m로 일정하게 유지하고 수렴각은 30°로 일정하게 유지하면서 촬영을 실시하였으며, 그림 8은 카메라의 촬영방향 변화에 따른 관측위치를 평면도로 나타낸 것이다.

4. 자료처리 및 결과분석

4.1 자료처리

본 연구에서는 획득한 대상물의 수치영상에서 각 표정점의 3차원 좌표를 결정하기 위해 RolleiMetric CDW (Close-Range Digital Workstation)를 이용하였다.

먼저, 카메라 Calibration에 의해 결정된 내부표정요소와 촬영 시 대략적으로 기록된 카메라 노출위치를 입력하고, 획득된 2매의 영상에 있어서 표정점 35개를 상호 표정하여 3차원 입체모형좌표(model coordinate)를 구하였다. 그림 9는 두 영상에서 상호표정하는 모습을 나타낸 것이다.

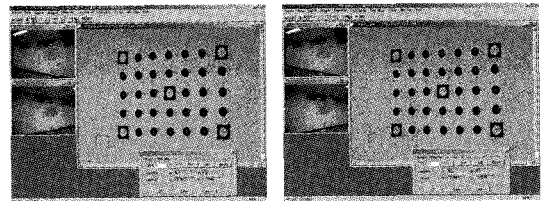


그림 9. 상호표정

이렇게 연속된 영상에서 중복 측정된 표정점은 공선조건을 기초로 한 다중영상표정에서 후방교회법과 전방교회법을 동시에 수행하고, 광속조정법에 의해 대상점의 3차원 좌표 및 외부표정 매개변수를 결정하게 된다.

4.2 결과분석

4.2.1 촬영거리 변화에 따른 정밀도

촬영거리 변화에 따른 정밀도의 RMSE를 구한 결과, 표 5와 같은 결과값을 얻을 수 있었으며, 이것을 각 방향별로의 회귀분석을 한 결과 그림 10~그림 15와 같은 결과값을 얻을 수 있었으며, 대상물과 카메라 사이의 거리

표 5. 촬영거리 변화에 따른 RMSE

(단위 : mm)

거리(m)	d7 metric				d7 metric ²			
	X	Y	Z	vector	X	Y	Z	vector
1	0.28	0.94	0.33	1.03	0.44	1.42	0.53	1.58
2	0.13	0.47	0.14	0.51	0.16	0.59	0.17	0.63
3	0.17	0.62	0.17	0.66	0.16	0.57	0.16	0.61
4	0.26	0.98	0.26	1.05	0.14	0.53	0.14	0.57
5	0.26	0.93	0.25	1.00	0.19	0.69	0.18	0.74
6	0.41	1.57	0.40	1.67	0.17	0.64	0.17	0.68
7	0.42	1.35	0.40	1.65	0.18	0.66	0.18	0.71
8	0.51	2.20	0.53	2.32	0.21	0.78	0.21	0.83
9	0.59	2.35	0.58	2.49	0.30	1.13	0.29	1.20
10	0.79	2.72	0.76	2.93	0.32	1.22	0.31	1.30

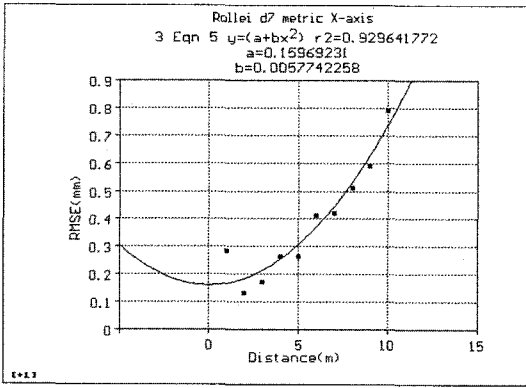


그림 10. 촬영거리에 따른 Rollei d7 metric X축의 회귀분석

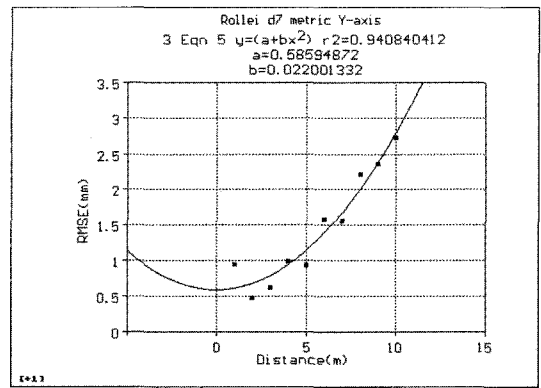


그림 11. 촬영거리에 따른 Rollei d7 metric Y축의 회귀분석

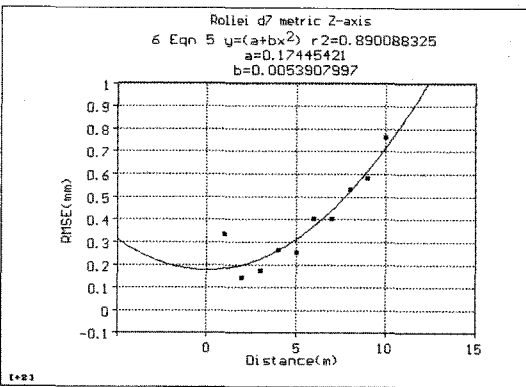


그림 12. 촬영거리에 따른 Rollei d7 metric

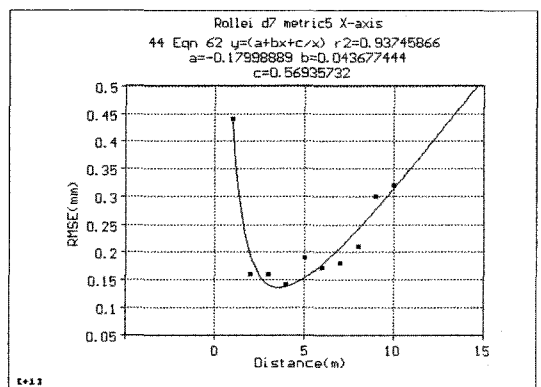


그림 13. 촬영거리에 따른 Rollei d7 metric⁵ X축의 회귀분석

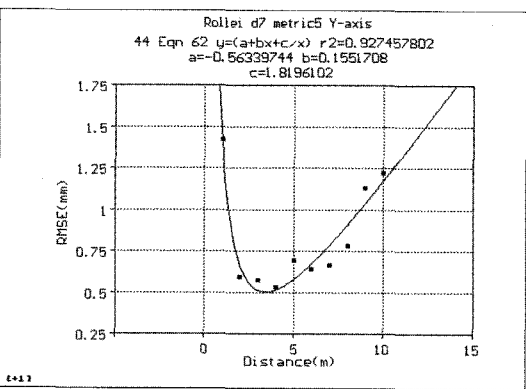


그림 14. 촬영거리에 따른 Rollei d7 metric⁵ Y축의 회귀분석

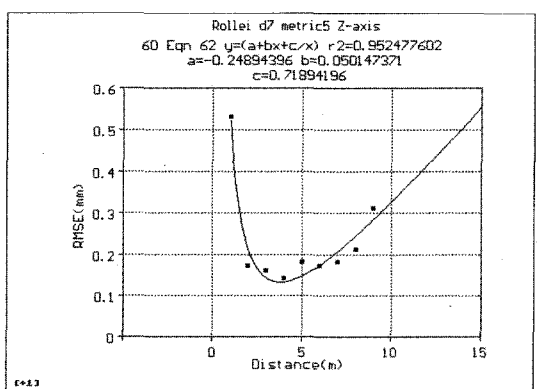


그림 15. 촬영거리에 따른 Rollei d7 metric⁵ Z축의 회귀분석

가 매우 근접해 있으면(1.5m이하) 오히려 정도가 떨어지는 것과 d7 metric은 5m 이상 멀어질 경우 정밀도가 급격히 떨어지는 것을 알 수 있었다.

4.2.2 수렴각 변화에 따른 정밀도

수렴각 변화에 따른 정밀도의 RMSE를 구한 결과, 표 6과 같은 결과값을 얻을 수 있었으며, 이것을 각 방향별로의 회귀분석을 한 결과 그림 16~그림 21과 같은 결과값을 얻을 수 있었다.

수렴각이 변화할 때 X축 방향에서는 수렴각이 80°일 때까지는 비슷한 정도(RMSE; d7metric: 0.30mm, d7metric⁵: 0.22mm)를 유지하였으나 그 이상일 때는 정밀

도가 낮아지는 것과 Y축 방향에서는 수렴각이 증가할수록 정밀도가 향상되고 60°이상에서는 유사한 정밀도(RMSE; d7metric: 0.43mm, d7metric⁵: 0.28mm)를 유지하였는 것을 알 수 있었으며, Z축 방향은 수렴각과 관계

표 6. 수렴각 변화에 따른 RMSE

(단위 : mm)

수렴각(°)	d7 metric				d7 metric ⁵			
	X	Y	Z	vector	X	Y	Z	vector
10	0.38	3.62	0.34	3.66	0.19	1.78	0.17	1.80
20	0.29	1.56	0.27	1.61	0.19	1.09	0.19	1.12
30	0.24	0.89	0.23	0.95	0.23	0.87	0.22	0.93
40	0.31	0.87	0.29	0.97	0.23	0.65	0.22	0.72
50	0.29	0.63	0.26	0.74	0.23	0.51	0.21	0.60
60	0.30	0.53	0.26	0.66	0.22	0.39	0.19	0.49
70	0.32	0.62	0.35	0.83	0.21	0.31	0.17	0.41
80	0.34	0.41	0.26	0.59	0.23	0.30	0.18	0.42
90	0.42	0.26	0.34	0.60	0.28	0.29	0.20	0.45
100	0.57	0.49	0.37	0.84	0.31	0.27	0.20	0.46
110	0.51	0.37	0.30	0.70	0.34	0.25	0.20	0.47
120	0.65	0.39	0.33	0.83	0.35	0.21	0.18	0.45
130	0.81	0.39	0.35	0.96	0.53	0.26	0.23	0.63

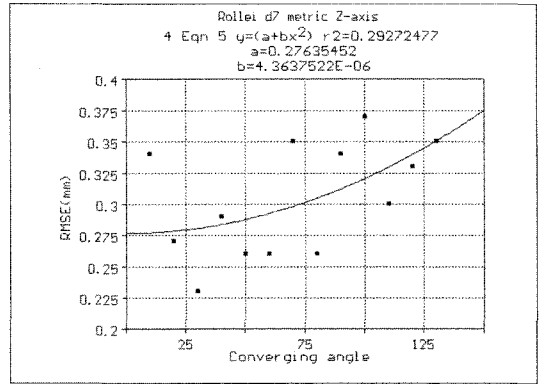


그림 18. 수렴각 변화에 따른 Rollei d7 metric Z축의 회귀분석

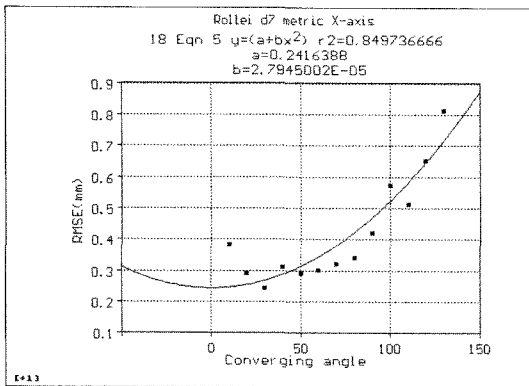


그림 16. 수렴각 변화에 따른 Rollei d7 metric X축의 회귀분석

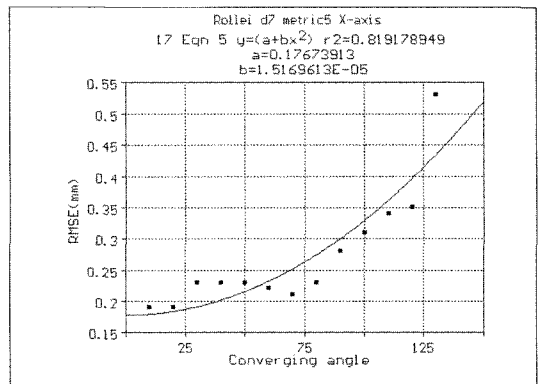


그림 19. 수렴각 변화에 따른 Rollei d7 metric⁵ X축의 회귀분석

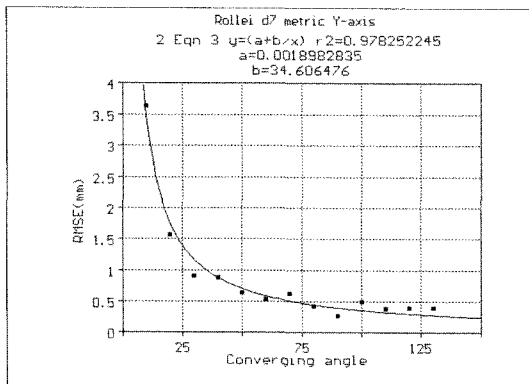


그림 17. 수렴각 변화에 따른 Rollei d7 metric Y축의 회귀분석

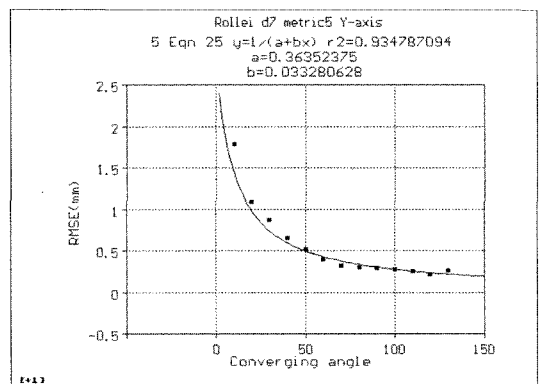


그림 20. 수렴각 변화에 따른 Rollei d7 metric⁵ Y축의 회귀분석

없다는 것을 알 수 있었다. 그리고 수렴각이 140°이상일 때에는 내부표정이 어려운 것을 알 수 있었다.

4.2.3 촬영방향 변화에 따른 정밀도

촬영방향 변화에 따른 정밀도의 RMSE를 구한 결과, 표 7과 같은 결과값을 얻을 수 있었으며, 이것을 각 방향

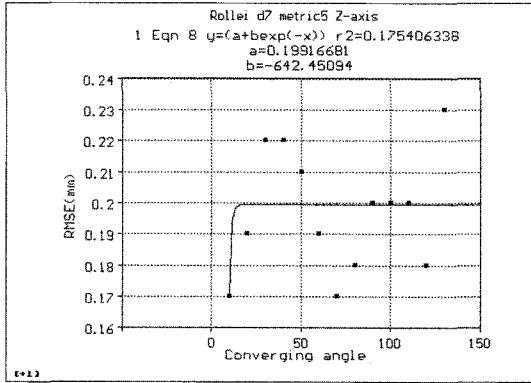


그림 21. 수렴각 변화에 따른 Rollei d7 metric⁵ Z축의 회귀분석

표 7. 촬영방향 변화에 따른 RMSE

(단위 : mm)

방향각(°)	d7 metric				d7 metric ⁵			
	X	Y	Z	vector	X	Y	Z	vector
-50	1.21	1.03	0.30	1.62	0.60	0.52	0.20	0.82
-40	0.71	0.84	0.27	1.13	0.48	0.57	0.18	0.77
-30	0.49	0.79	0.23	0.96	0.39	0.63	0.18	0.76
-20	0.58	0.93	0.25	1.12	0.29	0.65	0.18	0.73
-10	0.32	0.99	0.26	1.07	0.21	0.66	0.17	0.71
0	0.24	0.89	0.23	0.95	0.22	0.77	0.20	0.83
10	0.41	0.95	0.25	1.06	0.24	0.76	0.20	0.82
20	0.46	1.00	0.27	1.13	0.27	0.60	0.16	0.68
30	0.54	0.85	0.26	1.04	0.50	0.79	0.24	0.97
40	0.65	0.75	0.26	1.03	0.55	0.64	0.20	0.87
50	1.06	0.91	0.31	1.43	0.61	0.51	0.20	0.82

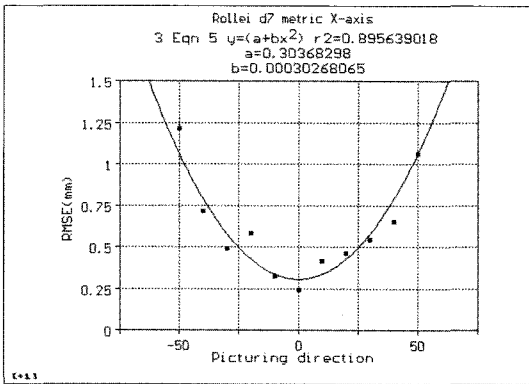


그림 22. 촬영방향 변화에 따른 Rollei d7 metric X축의 회귀분석

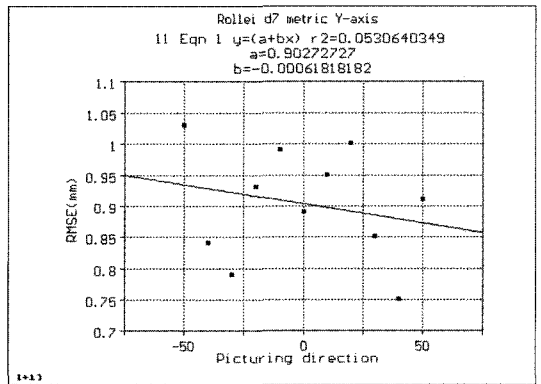


그림 23. 촬영방향 변화에 따른 Rollei d7 metric Y축의 회귀분석

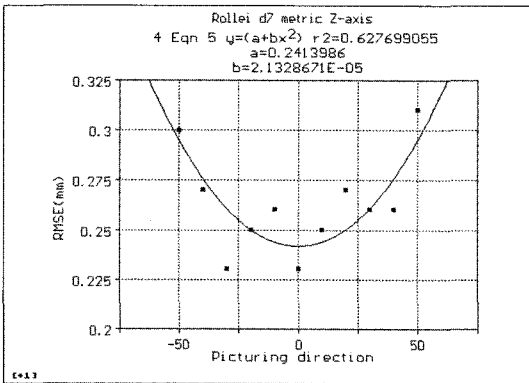


그림 24. 촬영방향 변화에 따른 Rollei d7 metric Z축의 회귀분석

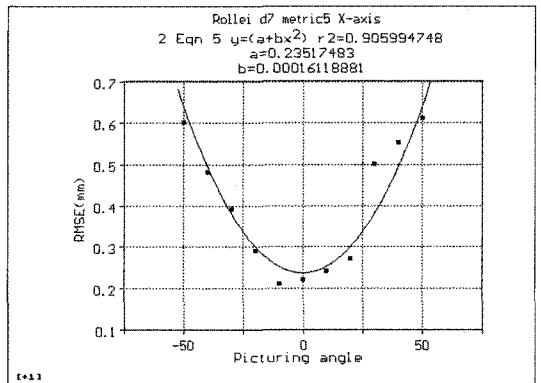


그림 25. 촬영방향 변화에 따른 Rollei d7 metric⁵ X축의 회귀분석

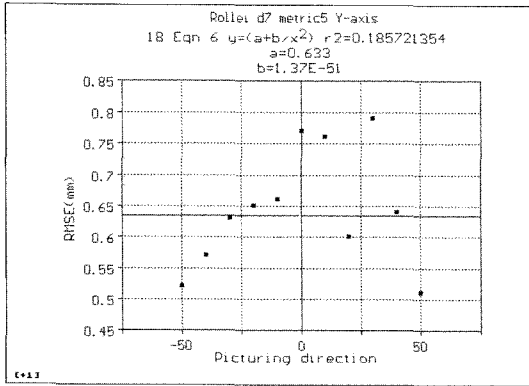


그림 26. 촬영방향 변화에 따른 Rollei d7 metric⁵ Y축의 회귀분석

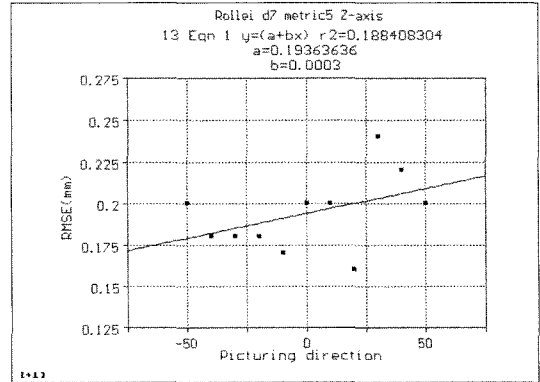


그림 27. 촬영방향 변화에 따른 Rollei d7 metric⁵ Z축의 회귀분석

별로의 회귀분석을 한 결과 그림 22~그림 27과 같은 결과값을 얻을 수 있었다.

Y축과 Z축 방향에서는 촬영방향과는 관계없이 유사한 정밀도 (RMSE; d7 metric: Y축0.96mm, Z축0.29mm, d7 metric⁵: Y축0.65mm, Z축 0.19mm)를 유지하는 것을 알 수 있었다.

6. 결 론

근접수치사진측량의 촬영위치에 따른 정밀도를 해석하기 위해 실험 및 분석 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 거리별 촬영 시 대상물과 너무 근접해 있으면(1.5m이하) 오히려 정도가 떨어지는 것과 d7 metric은 5m 이상 멀어질 경우 정밀도가 급격히 떨어지는 것을 알 수 있었다.
2. 수렴각이 변화할 때 X축 방향에서는 수렴각이 80°일 때까지는 비슷한 정도(RMSE; d7metric: 0.30mm, d7 metric⁵: 0.22mm)를 유지하였으나 그 이상일 때는 정밀도가 낮아지는 것을 알 수 있었다.
3. 수렴각이 변화 할 때 Y축 방향에서는 수렴각이 증가할수록 정밀도가 향상되고 60°이상에서는 유사한 정밀도(RMSE; d7metric: 0.43mm, d7metric⁵: 0.28mm)를 유지하였다.
4. 수렴각이 140°이상일 때에는 내부표정이 어려운 것을 알 수 있었다.
5. 촬영방향각이 ±30°일 때까지는 X축 방향에서는 유사한 정밀도(RMSE; d7metric: 0.50mm, d7metric⁵: 0.40mm)를 유지하였으나 그 이상일 때에는 정밀도가 급격히 낮아지는 것을 알 수 있었다.

6. Y축과 Z축 방향에서는 촬영방향과는 관계없이 유사한 정밀도 (RMSE; d7 metric: Y축0.96mm, Z축0.29mm, d7 metric⁵: Y축0.65mm, Z축 0.19mm)를 유지하는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 유복모, “현대 디지털사진측량학”, 문운당, 2001, pp. 5-6.
2. Abdel-Aziz, Y.L, “Expected Accuracy of Convergent Photos”, PE, Vol.40, No. 11, 1974, pp. 1341-1346.
3. K.W.Wong, “Close-Range mapping with a Solid State Camera”, PE&RS, Vol.52, No.1, 1986, pp. 67-74.
4. Guoping Zhou, “Accurate Determination of Ellipse Centers in Digital Imagery”, ACSM/ASPRS, Vol.4, 1986, pp.256-264.
5. S.F.El-Hakim, “Real-Time Image Metrology with CCD Cameras”, PE&RS, Vol.52, No.11, 1986, pp. 1757-1766.
6. M.R. Shortis, W.L. Snow, A.W. Burner, W.K. Goad, “Laboratory Calibration and Characterization of Video Cameras” SPIE Vol.1395, Close-Range Photogrammetry Meets Machine Vision, 1990, pp. 664-671.
7. Scott L. Huang, “Applications of Digital Image Processing to Photoelastic Stress Analysis”, PE&RS, Vol.56, No.4, 1990, pp. 495-499
8. Peipe, J. and Schneider, C. Tag “High Resolution Still Video Camera for Industrial Photogrammetry”, Record, 15(85), 1995, pp. 135-139.
9. G. L. Heritage, I. C. Fuller, M. E. Charlton, P. A. Brewer, D. P. Passmore, “CDW Photogrammetry of Low Relief Fluvial Features Accuracy and Implications for Reach-Scale Sediment Budgeting”, Earth surface processes and Land forms, 23, 1998, pp. 1219-1233.

(접수일 2003. 7. 14, 심사 완료일 2003. 7. 31)